

PENGARUH SUBSTITUSI AGREGAT HALUS DENGAN 30% *COPPER SLAG* TERHADAP MIX DESAIN BETON NORMAL DAN KEMAMPUAN KUAT TEKAN BETON

Dedy Yusuf

Mahasiswa S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
dedyyusuf@mhs.unesa.ac.id

M. Firmansyah S, S.T., M.T., M.Sc.

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
mochamadfirmansyah@unesa.ac.id

Abstrak

Karakteristik beton akan memiliki kekuatan tekan yg sesuai desain apabila bahan dasar campurannya diperhatikan dari segi karakteristik, kualitas material, dan kandungan air didalam material tersebut. Penggunaan bahan yang berasal dari alam tentunya belum diketahui karakteristik dan sifatnya, apalagi bahan tersebut ditambahkan kedalam campuran mix desain beton. Salah satunya adalah bahan limbah yang dipakai adalah *copper slag*, yang merupakan bahan sisa dari pabrik pembuatan tembaga diaman untuk mengeluarkannya perlu ijin khusus dan harus sepengetahuan pabrik tersebut. *Copper slag* ini memiliki sifat karakteristik berbutiran halus sehingga dapat digunakan sebagai bahan pengganti pasir pada campuran beton. Sehingga, tujuan penelitian ini untuk mengetahui ketepatan nilai kuat tekan terhadap rencana mix desain beton dengan penambahan *copper slag* sebesar 30%.

Kata Kunci: *Copper Slag*, Kuat Tekan, Beton Normal.

Abstract

Concrete characteristics will have a compressive strength that is in accordance with the design if the mixture is considered in terms of characteristics, material quality, and water content in the material. The use of materials derived from nature is certainly not yet known its characteristics and properties, moreover the material is added to the concrete mix design mix. One of them is the waste material used is copper slag, which is a waste material from a copper manufacturing plant that is safe to issue it requires special permission and must be known by the factory. This copper slag has fine grained characteristics so that it can be used as a substitute for sand in concrete mixtures. Thus, the purpose of this study was to determine the accuracy of the compressive strength values of the concrete design mix plan by adding copper slag by 30%.

Keywords: *Copper Slag*, Compressive Strength, Normal Concrete.

PENDAHULUAN

Karakteristik beton yang memiliki kekuatan tekan yang sangat baik dimana pada umumnya beton dibentuk dari bahan dasar campuran semen, pasir, kerikil dan air. Dalam perkembangannya, penggunaan bahan campuran beton dipakai dengan beberapa materi tambahan ataupun menggantikan material beton umumnya yang memiliki karakteristik yang sama. Bahan tersebut dapat diambil dari alam, bentuk masih alami, dan/atau diambil dari limbah, yang merupakan bahan buangan dari suatu pabrik. Bahan limbah tersebut apabila dibuang atau dibiarkan dapat menimbulkan dampak yang tidak baik terhadap lingkungan. Alternatif solusi untuk mengurangi limbah tersebut digunakan sebagai bahan campuran beton, akan tetapi semua bahan limbah yang keluar masih perlu ijin dan pengawasan dari pihak yang mengeluarkan.

Menurut Triwulan (2005) dalam Hana dan Siswadi (2008), limbah-limbah industri seperti *fly ash*, *copper slag* dan abu ampas tebu seolah-olah dapat dikatakan tidak mempunyai nilai ekonomis padahal jika limbah tersebut digunakan sebagai campuran beton dalam konstruksi bangunan maka

terdapat dampak positif yang dapat diperoleh yaitu meningkatkan durabilitas beton serta mengurangi pencemaran lingkungan. *Copper slag* adalah hasil peleburan dan pemurnian tembaga yang berbentuk pipih dan runcing (tajam) serta sebagian besar mengandung oksida besi dan silika. Karakteristik *copper slag* mempunyai sifat kimia yang stabil dan sifat fisik yang sama dengan pasir (D. Brindha dan S. Nagan, 2011).

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa *copper slag* layak digunakan sebagai pengurang jumlah agregat halus dalam beton, hal ini ditunjukkan dengan hasil yang diperoleh bahwa beton *copper slag* memenuhi kriteria beton normal untuk nilai kuat tekannya mengalami kenaikan (meskipun tidak signifikan) untuk semua persentase jika dibandingkan dengan beton normal dan untuk modulus elastisitasnya nilai yang diperoleh lebih kecil dibandingkan dengan beton normal (Hana dan Siswadi, 2008). Beberapa penelitian sebelumnya juga telah menggunakan *copper slag* pada pembuatan beton dimana menunjukkan bahwa penggunaan *copper slag* sebagai substitusi agregat halus dapat meningkatkan kuat tekan

beton dengan variasi penggunaan *copper slag* optimum yang berbeda-beda. Muhammad Syahrizal Mauludi (2014), meneliti mengenai pemanfaatan *copper slag* sebagai substitusi pasir pada campuran beton mutu K-225 untuk mengetahui pengaruh penggunaan *copper slag* sebagai bahan pengganti sebagian pasir terhadap kuat tekan dengan variasi persentase penggantian pasir sebesar 0%, 10%, 20%, 30% dan 35%. Dari hasil pengujian kuat tekan beton pada umur masing-masing benda uji, yaitu 7, 21, dan 28 hari diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa setiap masing-masing persentase campuran terak tembaga 10%, 20%, 30%, dan 35%, mengalami peningkatan kuat tekan dari beton normal. Kuat tekan rata-rata terbesar terdapat pada campuran terak tembaga sebesar 30% pada tiap masing-masing umur. Akan tetapi terjadi penurunan pada campuran terak tembaga 35% pada umur 7, 21, dan 28 hari, dengan penurunan sebesar 7,81%, 6,60%, dan 6,86%. Hal ini disimpulkan bahwa pengaruh penggantian terak tembaga (*copper slag*) pada penelitian ini hanya dapat bereaksi hingga batas optimal sebanyak 30%.

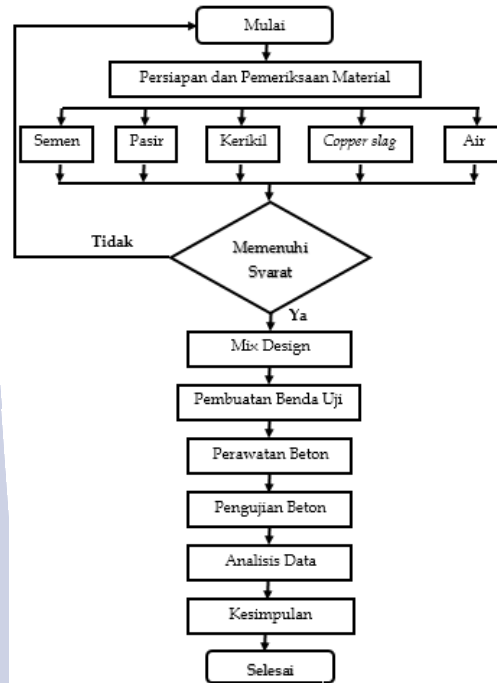
Berdasarkan latar belakang yang mendasari penelitian ini, maka ditetapkan beberapa rumusan masalah yaitu bagaimana pengaruh substitusi agregat halus dengan *copper slag* sebesar 30% pada beton normal terhadap sifat mekanis beton. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh substitusi agregat halus dengan *copper slag* sebesar 30% pada beton normal terhadap sifat mekanis beton.

Manfaat yang dapat diperoleh pada penelitian ini yaitu memberikan pengetahuan mengenai pengaruh substitusi agregat halus dengan *copper slag* sebesar 30% pada beton normal terhadap sifat mekanis beton, dan mengurangi salah satu penyebab kerusakan lingkungan akibat proses penambangan pasir yang sering digunakan sebagai agregat halus dalam campuran beton.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan dengan pendekatan eksperimental dimana untuk memperoleh data-data dan hasil penelitian dengan cara melakukan pembuatan dan pengujian benda uji di laboratorium. Pengujian yang dilakukan di laboratorium adalah meliputi *copper slag* dengan rencana sebesar 30% sebagai substitusi agregat halus dalam campuran beton. Pembuatan benda uji berupa silinder beton berukuran 10x20 cm. Selain itu, penelitian ini juga dilakukan dengan mengamati dan mengukur hasil eksperimen yang

telah dibuat dengan perhitungan kuat tekan silinder beton pada umur 7 hari yang dilakukan. Secara garis besar prosedur penelitian ini secara skematis dapat dilihat pada gambar *flowchart* berikut.



Gambar 1. *Flowchart* penelitian.

Populasi

Populasi data penelitian ini berupa uji kuat tekan silinder beton.

Variasi

Variasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu variasi *mix design trial and error*.

Persiapan Bahan Sebelum Pengujian

Bahan material yang perlu dipersiapkan antara lain:

1. Semen



Gambar 2. Semen PPC

Digunakan semen jenis PPC (*Portland Pozzolan Cement*) merek semen Gresik.

2. Pasir



Gambar 3. Pasir

Agregat halus (pasir) merupakan pasir lumajang yang diperoleh atau dibeli di toko bahan bangunan.



Gambar 6. Grafik waktu pengikatan awal dan akhir semen PPC.

3. Kerikil



Gambar 4. Kerikil

Agregat kasar atau kerikil/batu pecah yang digunakan memiliki ukuran butiran maks 19 mm.

4. Copper slag



Gambar 5. Copper slag

Copper slag (terak tembaga) dalam penelitian ini diperoleh dari PT SCG Ready Mix.

Pengujian Karakteristik Bahan

a. Portland Pozzolan Cement (PPC)

Pemeriksaan yang dilakukan meliputi pemeriksaan berat jenis dan pengujian waktu pengikatan semen.

Tabel 1. Hasil pemeriksaan berat jenis semen.

Berat Jenis Semen			
Nama	Simbol	Nilai	Satuan
Berat Semen	A	125	gram
Berat Picnometer + Minyak Tanah	B	283	gram
Berat Picnometer + Minyak Tanah + Semen	C	374	gram
Berat Jenis Semen		2,94	gr/cm ³
Range		3,15-3,17	gr/cm ³

b. Agregat Halus (Pasir)

Pemeriksaan untuk agregat halus meliputi analisa ayakan, pemeriksaan kadar lumpur, kadar air bebas, berat isi, berat jenis serta penyerapan pasir.

Tabel 2. Hasil pemeriksaan material pasir.

Uraian	Pasir Lumajang	Satuan
Analisa Ayakan	Zona 2	
Modulus Kehalusan	3,00	
Berat Jenis Kering Oven	2,761	gr/cm ³
Penyerapan	4,822	%
Berat Isi	1,657	gr/cm ³
Kadar Lumpur	6,383	%

c. Copper Slag

Pemeriksaan meliputi analisa ayakan, pemeriksaan kadar lumpur, kadar air bebas, berat isi, berat jenis serta penyerapan copper slag, dan pengujian kandungan kimia yang dilakukan di Laboratorium Mineral dan Material Maju Universitas Negeri Malang.

Tabel 3. Kandungan kimia copper slag.

Compound	Conc	Unit
MgO	1,2	%
Al ₂ O ₃	4,0	%
SiO ₂	45,4	%
P ₂ O ₅	1,3	%
SO ₃	6,07	%
K ₂ O	3,12	%
CaO	22,0	%
TiO ₂	1,7	%
V ₂ O ₅	0,96	%
Cr ₂ O ₃	2,2	%
MnO	8,0	%
BaO	4,2	%

Tabel 4. Hasil pemeriksaan material *copper slag*.

Uraian	Copper Slag	Satuan
Analisa Ayakan	Zona 2	
Modulus Kehalusan	3,90	
Berat Jenis Kering Oven	3,514	gr/cm ³
Penyerapan	0,200	%
Berat Isi	2,114	gr/cm ³
Kadar Lumpur	1,420	%

d. **Agregat Kasar (Kerikil)**

Pemeriksaan untuk agregat kasar meliputi analisa ayakan, pemeriksaan kadar lumpur, kadar air bebas, berat isi, berat jenis serta penyerapan kerikil.

Tabel 5. Hasil pemeriksaan kerikil.

Uraian	Kerikil	Satuan
Analisa Ayakan	Ukuran 4,76 - 19	mm
Modulus Kehalusan	7,97	-
Berat Jenis Kering Oven	3,389	gr/cm ³
Penyerapan	1,010	%
Berat Isi	1,449	gr/cm ³
Kadar Lumpur	5,396	%

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tata cara dan standar acuan dalam pembuatan *mix design* dalam penelitian ini mengacu pada SNI-7656-2012. Dengan penggunaan *copper slag* sebagai pengganti pasir sebesar 30%.

1. Mix Desain Ke-1

Dengan hal-hal yang ditentukan yaitu:

- Nilai slump 75 – 100 mm
- Ukuran agregat maksimum 25 mm
- Mutu rencana 22,5 MPa
- Penentuan jumlah agregat halus berdasarkan atas dasar massa (berat)

Maka dihasilkan *mix design* dasar sebagai berikut:

Tabel 6. Mix design trial and error ke-1

Uraian	Air (kg)	Semen (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)
Tiap m ³	175.08	371.15	860.94	1012.70

Dari mix design ini didapatkan kondisi campuran beton segar sebagai berikut:

- Tidak memiliki nilai slump (slump = 0)
- Kondisi campuran tidak menyatu dengan baik.
- Sangat kekurangan air sehingga menghasilkan campuran yang tidak homogen.



Gambar 7. Hasil beton segar *mix design* ke-1.

Dari hasil mix desain tersebut, dibuat beton silinder ukuran 10x20 pada umur 7 hari dan dikonversi ke 28 hari dengan standar mutu beton normal.

Tabel 7. Kuat tekan Mix Design ke-1

Benda Uji	Nilai Kuat Tekan 7 hari (MPa)	Kuat Tekan Konversi 28 Hari (MPa)
1	13.24	20.37
2	18.46	28.40
3	16.81	25.86
Rata-rata	16.17	24.88

2. Mix Design ke-2

Dari *mix design* dasar yang pertama kemudian dilakukan modifikasi dengan mengubah beberapa hal yaitu:

- Ukuran agregat maksimum 19 mm
 - Mutu rencana 25 MPa
- Sehingga dihasilkan *mix design* sebagai berikut:

Tabel 8. Mix design trial and error ke-2

Uraian	Air (kg)	Semen (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)
Tiap m ³	187.11	394.23	867.67	934.80

Modifikasi yang dilakukan ini berpengaruh pada perubahan jumlah air, semen dan agregat yang dihasilkan dari trial and error yang pertama.

Dari mix design ini didapatkan kondisi campuran beton segar sebagai berikut:

- Kekurangan jumlah air
- Kekurangan jumlah semen
- Nilai slump = 10 mm (tidak mencapai target sekita 75 – 100 mm)

Dari hasil mix desain tersebut, dibuat beton silinder ukuran 10x20 pada umur 7 hari dan dikonversi ke 28 hari dengan standar mutu beton normal.

Tabel 9. Kuat tekan Mix Design ke-2

Benda Uji	Nilai Kuat Tekan 7 hari (MPa)	Kuat Tekan Konversi 28 Hari (MPa)
1	13.37	20.57
2	25.08	38.59
3	29.67	45.64
Rata-rata	22.71	34.93

3. Mix Design ke-3

Dari *mix design* dasar ke-2 kembali dilakukan modifikasi dengan mengubah penentuan jumlah pasir berdasarkan atas dasar volume absolut sehingga dihasilkan *mix design* sebagai berikut.

Tabel 10. Mix design trial and error ke-3

Uraian	Air (kg)	Semen (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)
Tiap m3	189.74	394.23	725.39	934.80

Modifikasi yang dilakukan ini berpengaruh pada perubahan jumlah air dan pasir yang dihasilkan dari trial and error ke-2 sebelumnya.

Dari mix design ini didapatkan kondisi campuran beton segar sebagai berikut:

- Jumlah air cukup
- Kondisi campuran beton segar baik
- Nilai slump = 90 mm (memenuhi target sekitar 75 – 100 mm)



Gambar 8. Hasil beton segar *mix design trial and error* ke-3.

Hasil yang diperoleh pada *mix design* ini sudah masuk dalam target campuran yang ingin dicapai sehingga untuk selanjutnya digunakan sebagai campuran dasar untuk melakukan substitusi agregat halus dengan bahan *copper slag*.

Dari hasil mix desain tersebut, dibuat beton silinder ukuran 10x20 pada umur 7 hari dan dikonversi ke 28 hari dengan standar mutu beton normal.

Tabel 11. Kuat tekan Mix Design ke-3

Benda Uji	Nilai Kuat Tekan 7 hari (MPa)	Kuat Tekan Konversi 28 Hari (MPa)
1	25.08	38.59
2	21.01	32.32
3	27.12	41.72
Rata-rata	24.40	37.54

4. Mix Design ke-4

Dari hasil *mix design* ke-3, kemudian dilakukan modifikasi kembali dengan mensubstitusi sebagian agregat halus (pasir) dengan *copper slag* sebesar 30% dari jumlah agregat halus sehingga dihasilkan *mix design* sebagai berikut.

Tabel 12. Mix design trial and error ke-4

Uraian	Air (kg)	Semen (kg)	Pasir (kg)	CS (kg)	Kerikil (kg)
Tiap m3	189.74	394.23	453.35	272.04	934.80

Modifikasi yang dilakukan ini berpengaruh pada perubahan jumlah agregat halus yang dihasilkan dari *trial and error* ke-3 sebelumnya dikarenakan disubstitusi dengan menggunakan bahan *copper slag*.

Dari mix design ini didapatkan kondisi campuran beton segar sebagai berikut:

- Kondisi campuran baik
- Sisa air lebih kurang 5 gram
- Nilai slump 55 mm



Gambar 9. Hasil beton segar *mix design trial and error* ke-4.

Pada mix design ini mendapatkan sisa air dan nilai slump yang menurun. Hal ini disebabkan oleh bahan copper slag yang digunakan sebagai substitusi agregat halus sebesar 30% dari jumlah agregat halus mempunyai kadar air dan penyerapan yang lebih kecil dari pasir sehingga tidak terlalu banyak menyerap air, hal tersebut juga berpengaruh pada nilai slump yang dihasilkan karena kecacakan campuran beton segar sedikit berkurang akibat bahan copper slag yang digunakan. Dari hasil mix desain tersebut, dibuat beton silinder ukuran 10x20 pada umur 7 hari dan dikonversi ke 28 hari dengan standar mutu beton normal.

Tabel 13. Kuat tekan Mix Design ke-4

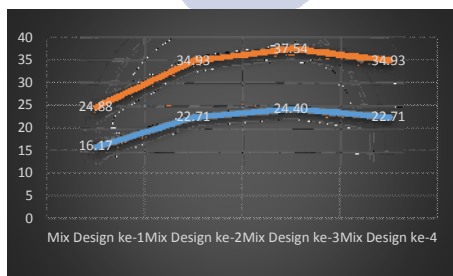
Benda Uji	Nilai Kuat Tekan 7 hari (MPa)	Kuat Tekan Konversi 28 Hari (MPa)
1	22.28	34.28
2	17.83	27.42
3	28.01	43.09
Rata-rata	22.71	34.93

Uji Kuat Tekan Beton

Pengujian untuk kuat tekan dilakukan tiap umur 7 hari. Setiap model *mix design* diwakili oleh 3 buah benda uji silinder berukuran 200 x 100 mm.



Gambar 10. Hasil uji kuat tekan.



Gambar 11. Grafik hasil rata-rata uji kuat tekan beton pada umur 7 hari dan konversi 28 hari.

Dari grafik tersebut memperlihatkan bahwa hasil uji kuat tekan yang paling besar yaitu pada *Mix Design* ke-3 dimana mix design tersebut merupakan kondisi campuran yang paling baik

yang digunakan sebagai campuran dasar dalam penelitian ini. Pada *mix design* yang ke-4 dengan mensubstitusi sebagian agregat halus dengan menggunakan copper slag mendapatkan hasil uji kuat tekan cukup baik namun masih lebih kecil dari yang dihasilkan pada mix design ke-3. Nilai kuat tekan silinder beton untuk masing-masing model campuran pada umur 7 hari yaitu *mix design* ke-1 sebesar 16,17 MPa, *mix design* ke-2 sebesar 21,73 MPa, *mix design* ke-3 sebesar 24,40 MPa, dan *mix design* ke-4 sebesar 22,71 MPa.

Analisa Karakteristik Beton Segar

Dari hasil pengujian dan data yang dihasilkan menunjukkan bahwa kecacakan beton segar sangat dipengaruhi oleh jumlah air dan semen yang digunakan dimana penggunaan keduanya harus benar-benar seimbang. Untuk penggunaan bahan copper slag dalam campuran beton dalam kaitannya dengan penelitian ini, sedikit mempengaruhi hasil beton segar namun tidak terlalu signifikan, dengan perubahan yang dihasilkan hanya berdampak pada penggunaan air yang digunakan sedikit berkurang dikarenakan copper slag memiliki daya penyerapan yang kecil.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini maka dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain bahwa:

- Dengan penggunaan *copper slag* dalam campuran beton dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton.
- Seiring dengan bertambahnya jumlah *copper slag* dalam campuran beton maka semakin bertambah pula berat volume beton yang dihasilkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya, dosen pembimbing dan orang tua serta semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Azwanda, Samsunan, dan Helba Destha Rangga. 2017. Pengaruh Substitusi Bahan Anorganik Plastik Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. Vol.3, No.4, pp. 52 – 63.
- Badan Standardisasi Nasional. 2000. *SNI 03-2834-2000 Tata Cara Pembuatan Beton Normal*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2000. *SNI 03-6468-2000 Tata Cara Perencanaan Campuran*

- Tinggi dengan Semen Portland dengan Abu Terbang. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. SNI 03-2491-2002 *Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. SNI 03-2847-2012 *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (Beta Version)*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. SNI 03-6820-2002 *Spesifikasi Agregat Halus untuk Pekerjaan Adukan dan Plesteran dengan Bahan Dasar Semen*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2004. SNI 15-2049-2004 *Semen Portland*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2008. SNI 1972:2008 *Cara Uji Slump Beton*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2011. SNI 2493:2011 *Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2011. SNI 1974:2011 *Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2011. SNI 4431:2011 *Cara Uji kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. SNI 7656:2012 *Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa*. Jakarta.
- Brindha, D. and Nagan S. 2011. "Durability Studies on Copper Slag Admixed Concrete". *Asian Journal of Civil Engineering*. Vol. 12, No. 05, pp.563-578.
- Hana, Maria Asunta dan Siswadi. 2008. Studi Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton dengan Agregat Halus Copper Slag. *Konferensi Nasional Teknik Sipil 2 (KoNTekS 2)*. Yogyakarta.
- Karimah, Rofikatul, dan Yusuf Wahyudi. 2016. Kajian Penggunaan Copper Slag Sebagai Agregat Halus Beton. *Media Teknik Sipil*, ISSN 1693-3095. Vol. 14 (2): hal. 206–210.
- Kartini, Wahyu. 2007. Penggunaan Serat Polypropylene Untuk Meningkatkan Kuat Tarik Belah Beton. *Jurnal Rekayasa Perencanaan*. Vol.4, No.1.
- Laintarawan, I Putu, dkk. 2009. *Buku Ajar: Konstruksi Beton I*. Denpasar: Universitas Hindu Indonesia.
- Mauludi, Muhammad Syahrizal. 2014. Pemanfaatan Copper Slag Sebagai Substitusi Pasir Pada Campuran Beton Mutu K-225. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. Vol.2, No.1.
- Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Ridwan, Fitroh Fauzi, Subari, dan Elam Yulius. 2014. Pengaruh Penggunaan Cacahan Gelas Plastik Polypropylene (PP) Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton. *Jurnal Bentang*. Vol. 2, No. 1.
- Sina, Dantje A. T, I Made Udiana dan Bernad D. Da Costa. 2012. Pengaruh Penambahan Cacahan Limbah Plastik High Density Polyethylene (HDPE) Pada Kuat Lentur Beton. *Jurnal Teknik Sipil*. Vol.1, No.4.
- Soebandono, Agus, As'at Pujianto dan Danar Kurniawan. 2013. Perilaku Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton Campuran Limbah Plastik HDPE. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*. Vol.16, No.1, pp. 76 – 82.
- Surdiah, Tata dan Shinroku Saito. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Zuraidah, Safrin, Bambang Sudjatmiko dan Eko Salaudin. 2009. Peningkatan Kuat Lentur pada Beton dengan Penambahan Fiber Polypropylene dan Copper Slag (Terak Tembaga). *Dalam Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah 2009*. hal. A-75 – A-80.